

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

3 104 700

②1 N° d'enregistrement national : **19 14420**

⑤1 Int Cl⁸ : **G 01 B 11/16 (2020.12), G 01 M 11/02**

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 13.12.19.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 18.06.21 Bulletin 21/24.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été établi à la date de publication de la demande.*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : *V-OPTICS Société par Actions Simplifiée — FR.*

⑦2 Inventeur(s) :

⑦3 Titulaire(s) : *V-OPTICS Société par Actions Simplifiée.*

⑦4 Mandataire(s) : *Cabinet NUSS.*

⑤4 **Contrôle de lentilles optiques par déflectométrie.**

⑤7 La présente invention concerne un système de contrôle d'au moins un composant d'un élément optique caractérisé en ce que le système comprend au moins :

- un dispositif de support d'au moins un élément optique à contrôler,

- un dispositif de projection, tel qu'un écran ou un afficheur, d'au moins une image lumineuse sur un élément optique à contrôler, l'image lumineuse comportant un schéma défini,

- un dispositif d'acquisition d'au moins une partie de l'image lumineuse ayant traversé l'élément optique à contrôler et issue de l'image lumineuse projetée, l'angle solide de vision du dispositif d'acquisition comprenant le dispositif de support associé à l'élément optique à contrôler,

- une unité de calcul configurée pour déterminer la puissance optique de l'élément contrôlé à partir, d'une part, d'au moins deux points d'au moins d'une image lumineuse projetée et, d'autre part, d'au moins deux points de l'image lumineuse acquise issue de l'image lumineuse projetée et ayant traversé l'élément optique,

le dispositif de projection étant configuré pour projeter au moins une image correspondant à une variation d'intensité lumineuse périodique disposée selon des franges parallèles et orientée selon un axe défini.

FR 3 104 700 - A1



Description

Titre de l'invention : Contrôle de lentilles ophtalmiques par déflectométrie

- [0001] 1. Contexte de l'invention
- [0002] a. Domaine technique
- [0003] La présente invention concerne les dispositifs de contrôle de composants optiques, en particulier ophtalmiques, tels que des verres de lunettes ou lentilles intra-oculaires.
- [0004] La fonction principale de tels composants est de dévier les rayons lumineux incidents. Ils sont donc caractérisés en particulier par leurs distances focales image et objet, qui sont des valeurs scalaires, et dont l'inverse définit leur puissance optique. On peut considérer que la puissance optique représente le degré de déformation d'un objet vu à travers un composant optique.
- [0005] La puissance optique d'un tel composant se décompose selon 3 composantes :
- [0006] Ces 3 types de puissances correspondent, dans le cas de composants ophtalmiques, à différents types de défauts oculaires : myopie/hypermétropie, astigmatisme, strabisme. Il est tout-à-fait possible de combiner ces trois types de corrections, et même d'établir des zones avec des puissances différentes, ce qui est le principe des verres progressifs.
- [0007] b. Problématique
- [0008] Notre objectif est de proposer une méthode de contrôle de tels composants optiques. Idéalement, cette méthode de contrôle doit être en mesure d'assurer la conformité des composants selon 2 aspects :
- [0009] Le respect de la spécification en termes de puissances optiques
- [0010] L'absence de défauts au sens large (rayures, traces d'usinage, etc.)
- [0011] 2. Etat de l'art
- [0012] a. Mesure de puissance optique
- [0013] Il existe un nombre relativement important de méthodes permettant de calculer la puissance optique, que l'on peut regrouper au sein des familles suivantes :
- [0014] Mise au point sur une mire (exemple : US3981589A) : il s'agit d'une méthode historique, encore très utilisée, qui exploite les frontofocomètres
- [0015] Interférométrie : à l'inverse, cette méthode est celle qui offre la plus grande précision, mais est réservée à des applications de laboratoires
- [0016] Déformation de l'image d'un objet : cette méthode est celle qui utilise actuellement V-Optics. Dans ce cas, l'objet en question est une succession de franges lumineuses. Un autre exemple est fourni par l'invention EP2212681B1.
- [0017] Shack-Hartmann (principe) : cette méthode mesure les irrégularités du front d'onde, qui est la conséquence des variations de chemins optiques.

- [0018] Reconstruction des chemins optiques : l'application basique consiste à balayer le composant par un laser, puis mesurer la direction du rayon réfracté.
- [0019] Déflectométrie de moiré (principe) : Bien qu'en apparence proche de notre application de la déflectométrie, celle-ci en est assez éloignée en termes d'équipements (pas d'afficheur, couple de grillages) et d'intérêts techniques
- [0020] [fig.1] : contrôle de pare-brise selon l'invention EP1065498B1
- [0021] Il est utile de noter que la déflectométrie, telle qu'appliquée par V-Optics, est une technique connue pour le contrôle de vitrages. Un exemple est donné par l'invention EP1065498B1 qui applique cette technique au contrôle de pare-brises.
- [0022] b. Architecture des moyens de contrôle
- [0023] A notre connaissance, les machines de contrôle proposées actuellement sont adaptées au contrôle de composants individuels. A ce titre, elles sont principalement constituées d'un dispositif de mesure (qui dépend de la technologie employée), et d'un dispositif de maintien du composant.
- [0024] Dans la plupart des cas, ces deux dispositifs sont immobiles l'un par rapport à l'autre. Dans d'autres cas, une mobilité relative permet au dispositif de mesure de balayer la surface du composant, et ainsi d'établir une cartographie des puissances optiques. Un exemple est fourni par l'invention US5855074A.
- [0025] Enfin, nous n'avons pu trouver qu'un exemple de dispositif pour lequel le dispositif de maintien semble (?) être conçu pour accueillir plusieurs composants, autorisant ainsi la mesure par lot de composants (voir exemple de la [fig.2]). Ce dispositif n'utilise pas la déflectométrie comme méthode de mesure.
- [0026] [fig.2] : machines de mesure individuelles (à gauche) et par lot (à droite)
- [0027] c. Détection de défauts
- [0028] Bien que, encore actuellement, les contrôles permettant de détecter les défauts (rayures, inclusions, impacts, etc.) des composants optiques soient réalisés par des opérateurs, il est possible de les automatiser. Dans ce cas, l'automatisation consistera essentiellement à reproduire le contrôle visuel par un caméra et un traitement d'images.
- [0029] La technique de la déflectométrie peut être appliquée dans ce cadre, comme illustré par l'invention EP2137519B1. C'est également ce que propose V-Optics sur la gamme QualiLens.
- [0030] 3. Description de l'invention
- [0031] Les dispositifs proposés par l'art antérieur ne sont pas satisfaisant aussi l'invention a pour objet de remédier à plusieurs des désavantages.
- [0032] Ce but est atteint par le système de contrôle telle que détaillé par la revendication 1.
- [0033] L'invention concerne également un procédé de contrôle par mise en œuvre d'un système de contrôle selon la revendication 8.

- [0034] Des formes avantageuses de réalisation du système de contrôle sont définies dans les différentes revendications dépendantes.
- [0035] a. Eléments caractéristiques
- [0036] La présente invention concerne les dispositifs de contrôle de composants optiques, en particulier ophtalmiques, tels que des verres de lunettes ou lentilles intra-oculaires. Ce contrôle a pour but de caractériser d'un part les propriétés optiques, en particulier les puissances optiques, locales ou globales du composant, et d'autre part les défauts cosmétiques de diverses natures.
- [0037] Architecture
- [0038] La présente invention est constituée d'au minimum 3 éléments principaux :
- [0039] Un dispositif d'affichage, tel qu'un écran. De façon avantageuse, cet écran est destiné à afficher une série de motifs sous forme de franges sinusoïdales
- [0040] Un dispositif d'acquisition d'images, tel qu'un caméra, caractérisé par un champ de vision comportant un axe central. Ce dernier est orienté, directement ou par l'intermédiaire d'un ou plusieurs miroirs, en regard du dispositif d'affichage, et selon une direction normale à celui-ci.
- [0041] Un dispositif de maintien du composant optique à contrôler, un tel maintien pouvant être un simple posage. Ce dispositif de maintien est conçu de façon à positionner ledit composant optique entre le dispositif d'affichage et le dispositif d'acquisition, dans le champ de vision du dispositif d'acquisition, et selon une orientation qui peut être, de façon avantageuse, sensiblement normale à l'orientation du dispositif d'acquisition
- [0042] Une telle architecture permet de répondre à l'objectif initial : une mesure de puissances optiques locales ou globale, et une détection de défauts cosmétiques.
- [0043] [fig.3] : architecture d'un dispositif de contrôle selon la présente invention
- [0044] De façon avantageuse on peut introduire une mobilité d'un élément, parmi le dispositif d'acquisition ou le dispositif de maintien, par rapport aux deux autres. Cette disposition permet un contrôle par lots ou en série des composants optique. On peut ainsi imaginer plusieurs types de constructions :
- [0045] Dispositif de maintien matriciel fixe, dispositif d'acquisition mobile selon 2 axes. Il s'agit de la solution actuellement commercialisée.
- [0046] Dispositif de maintien matriciel et mobile selon 2 axes, dispositif d'acquisition fixe
- [0047] Dispositif de maintien sous forme de plateau tournant. Cette solution a l'avantage de permettre un chargement / déchargement des composants en temps masqué
- [0048] Dispositif de maintien intégré à un convoyeur. Dns ce cas, on considère le dispositif de maintien comme un élément extérieur au dispositif de contrôle
- [0049] Dispositif de maintien intégré à un bras robotisé. Dns ce cas, on considère le dispositif de maintien comme un élément extérieur au dispositif de contrôle
- [0050] Mesure de puissance

- [0051] L'application de la déflectométrie telle que couramment pratiquée par V-Optics consiste à observer l'image, au travers du composant optique à contrôler, d'une série de franges sinusoïdales orientées selon une direction, puis d'une seconde série de franges orientées selon une direction orthogonale à la première.
- [0052] Cette technique, dans le cadre de la mesure de puissance de composants optiques, peut être exploitée de deux manières :
- [0053] Mesure du grossissement via la fréquence spatiale des images des franges : cela revient à mesurer le déformement d'un objet (voir état de l'Art). La différence avec l'invention EP2212681B1 réside dans l'algorithme de traitement des données. En revanche, cette méthode ne permet pas de mesurer le composante prismatique de la puissance optique
- [0054] Reconstruction des chemins optiques grâce à l'identification de la position du point émetteur. Cette méthode demande une calibration plus détaillée, mais autorise la mesure de la composante prismatique de la puissance optique
- [0055] Détection de défauts
- [0056] Il est impossible de définir une méthode générale de détection et de discrimination des défauts, car ceux-ci sont spécifiques à chaque application. Tout l'art de la vision réside dans le choix des signaux qui permettront cette détection et cette discrimination. A ce titre, les données issues de la déflectométrie sont particulièrement intéressantes.
- [0057] La présente invention utilise donc des données d'entrée similaires à celles de l'invention EP2137519B1. En revanche, leur point de divergence réside dans l'algorithme de traitement, sensiblement différent.
- [0058] b. Avantages techniques
- [0059] L'application de la déflectométrie dans la mesure de composants optiques, en particuliers ophtalmiques, permet de façon très rapide et très peu coûteuse de contrôler l'ensemble des caractéristiques de ces composants : leur puissance optique (globale et/ou locale) et leurs défauts cosmétiques éventuels. Cet avantage ne peut pas être obtenu par les autres technologies, sauf à les associer à un capteur supplémentaire.
- [0060] Par ailleurs, l'ajout d'une mobilité d'un élément, parmi le dispositif d'acquisition ou le dispositif de maintien, autorise la mesure des éléments optiques par lot ou en série, ce qui n'est, à notre connaissance, pas appliqué industriellement.

Revendications

- [Revendication 1] Système de contrôle d'au moins un composant d'un élément optique caractérisé en ce que le système comprend au moins :
- un dispositif de support d'au moins un élément optique à contrôler,
 - un dispositif de projection, tel qu'un écran ou un afficheur, d'au moins une image lumineuse sur un élément optique à contrôler, l'image lumineuse comportant un schéma défini,
 - un dispositif d'acquisition d'au moins une partie de l'image lumineuse ayant traversé l'élément optique à contrôler et issue de l'image lumineuse projetée, l'angle solide de vision du dispositif d'acquisition comprenant le dispositif de support associé à l'élément optique à contrôler,
 - une unité de calcul configurée pour déterminer la puissance optique de l'élément contrôlé à partir, d'une part, d'au moins deux points d'au moins d'une image lumineuse projetée et, d'autre part, d'au moins deux points de l'image lumineuse acquise issue de l'image lumineuse projetée et ayant traversé l'élément optique,
- le dispositif de projection étant configuré pour projeter au moins une image correspondant à une variation d'intensité lumineuse périodique disposée selon des franges parallèles et orientée selon un axe défini.
- [Revendication 2] Système de contrôle selon la revendication 1, caractérisé en ce que au moins le dispositif de support, le dispositif de projection et le dispositif d'acquisition sont montés sur une même bâti.
- [Revendication 3] Système de contrôle selon une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le dispositif de projection étant configuré pour projeter successivement au moins deux images, chaque image correspondant à une variation d'intensité lumineuse disposée selon des franges orientées selon un axe propre à chaque image.
- [Revendication 4] Système de contrôle selon une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le dispositif de projection étant configuré pour projeter successivement au moins deux images, chaque image présentant une variation d'intensité lumineuse identique disposée selon des franges orientées selon un axe identique, la variation d'intensité lumineuse présentant un décalage de phase entre les différentes images.
- [Revendication 5] Système de contrôle selon une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le système comprend au moins une surface de réflexion positionnée sur l'axe du chemin optique de l'image lumineuse

- entre le dispositif de projection et le dispositif d'acquisition.
- [Revendication 6] Système de contrôle selon une des revendications précédentes, caractérisé en ce que au moins un élément parmi une liste incluant le dispositif de support, le dispositif de projection et/ou la surface de réflexion est monté mobile par rapport à un ou plusieurs autres éléments du système montés fixe
- [Revendication 7] Système de contrôle selon la revendication 6, caractérisé en ce que le dispositif de support est monté mobile par rapport à l'axe du chemin optique de l'image lumineuse entre le dispositif de projection et le dispositif d'acquisition
- [Revendication 8] Système de contrôle selon une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'unité de calcul est configurée pour mettre en œuvre un traitement d'images lumineuse par comparaison de la position d'au moins deux points d'une image lumineuse projetée avec au moins deux points de l'image lumineuse acquise issue de l'image lumineuse projetée et ayant traversé l'élément optique
- [Revendication 9] Procédé de contrôle par mise en œuvre d'un système de contrôle d'au moins un composant d'un élément optique comprenant :
- un dispositif de projection, tel qu'un écran ou un afficheur, d'au moins une image lumineuse sur un élément optique à contrôler,
 - un dispositif d'acquisition d'au moins une partie de l'image lumineuse ayant traversé l'élément optique à contrôler et issue de l'image lumineuse projetée,
- caractérisé en ce que le procédé comprend au moins :
- une étape de positionnement d'un élément optique à contrôler,
 - une étape de projection d'une image lumineuse sur au moins une partie de la surface de l'élément optique à contrôler, l'image correspondant à une variation d'intensité lumineuse périodique disposée selon des franges parallèles et orientée selon un axe défini,
 - une étape d'acquisition d'au moins une partie de l'image lumineuse ayant traversé l'élément optique à contrôler et issue de l'image lumineuse projetée,
 - une étape de comparaison de la position d'au moins deux points de la première image lumineuse projetée avec au moins deux points de l'image lumineuse acquise issue de la première image lumineuse projetée et ayant traversé l'élément optique,
 - une étape de détermination du grossissement ou déplacement prismatique de l'élément optique selon l'axe de la variation d'intensité

lumineuse de l'image,

- une étape d'évaluation de la puissance optique de l'élément optique selon l'axe de la variation d'intensité lumineuse de l'image à partir de son grossissement ou déplacement prismatique.

[Revendication 10]

Procédé de contrôle selon la revendication 9, caractérisé en ce que le procédé comprend également :

- une étape de projection d'une seconde image lumineuse sur au moins une partie de la surface de l'élément optique à contrôler, la seconde image correspondant :

- soit à une variation d'intensité lumineuse périodique disposée selon des franges parallèles et orientée selon un second axe, le second axe étant sécant par rapport à l'axe d'une image similaire précédemment projetée,
- soit à une variation d'intensité lumineuse identique à celle de l'image similaire précédemment projetée, la variation d'intensité étant disposée selon des franges orientées selon un axe identique à celle de l'image similaire précédemment projetée, la variation d'intensité lumineuse présentant un décalage de phase par rapport à celle de l'image similaire précédemment projetée,

- une étape d'acquisition d'au moins une partie de l'image lumineuse ayant traversé l'élément optique à contrôler et issue de la seconde image lumineuse projetée,

- une étape de comparaison de la position d'au moins deux points de la seconde image lumineuse projetée avec au moins deux points de l'image lumineuse acquise issue de la seconde image lumineuse projetée et ayant traversé l'élément optique,

- une étape de détermination du grossissement ou déplacement prismatique de l'élément optique selon l'axe de la variation d'intensité lumineuse de la seconde image,

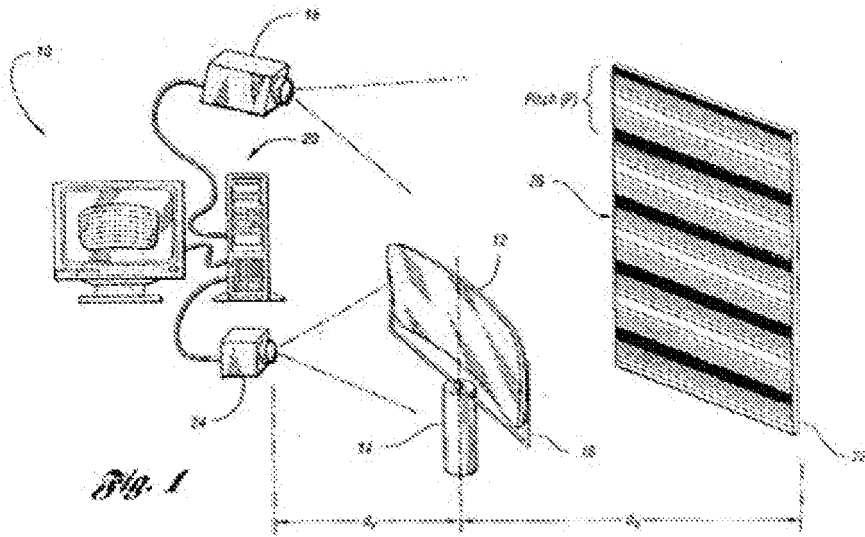
- une étape d'évaluation de la puissance optique de l'élément optique à partir des grossissements ou déplacements prismatiques déterminés selon au moins les variations d'intensité lumineuse de la première image et de la seconde image.

[Revendication 11]

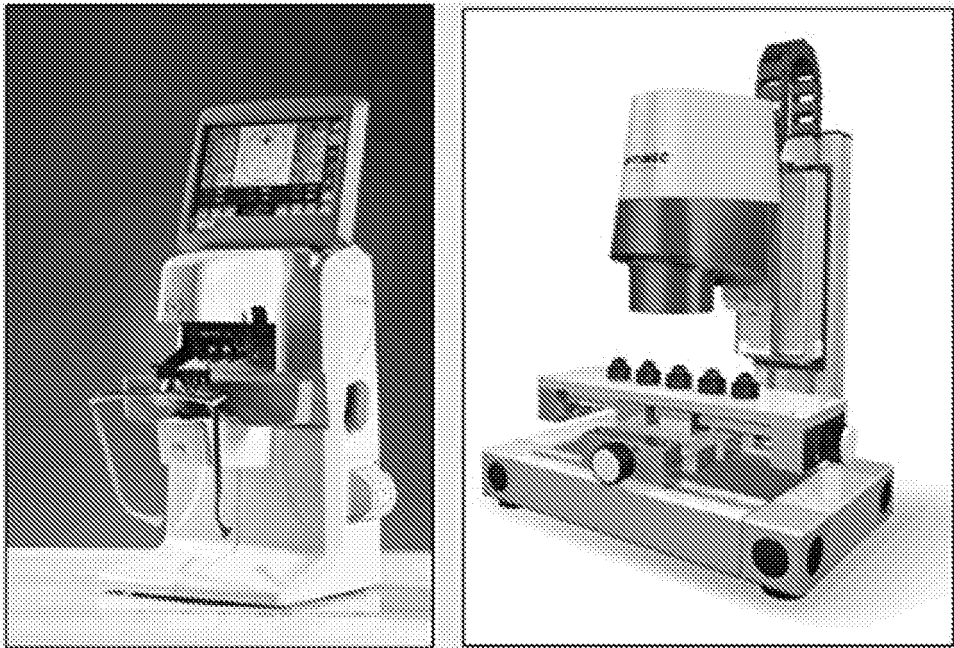
Procédé de contrôle selon une des revendications 9 ou 10, caractérisé en ce que le procédé comprend également :

- une étape de projection d'une nouvelle image lumineuse sur au moins une partie de la surface de l'élément optique à contrôler, la nouvelle image correspondant à une variation d'intensité lumineuse disposée selon des franges orientées selon un axe identique à celle de l'image précédemment projetée, la variation d'intensité lumineuse présentant une longueur d'onde différente de celle de l'image précédemment projetée,
- une étape d'acquisition d'au moins une partie de l'image lumineuse ayant traversé l'élément optique à contrôler et issue de la nouvelle image lumineuse projetée,
- une étape de comparaison de la position d'au moins deux points de la nouvelle image lumineuse projetée avec au moins deux points de l'image lumineuse acquise issue de la nouvelle image lumineuse projetée et ayant traversé l'élément optique,
- une étape de détermination du grossissement ou déplacement prismatique de l'élément optique selon l'axe de la variation d'intensité lumineuse de la nouvelle image,
- une étape d'évaluation de la puissance optique de l'élément optique à partir des grossissements ou déplacements prismatiques déterminés selon au moins les variations d'intensité lumineuse de la première image et de la nouvelle image.

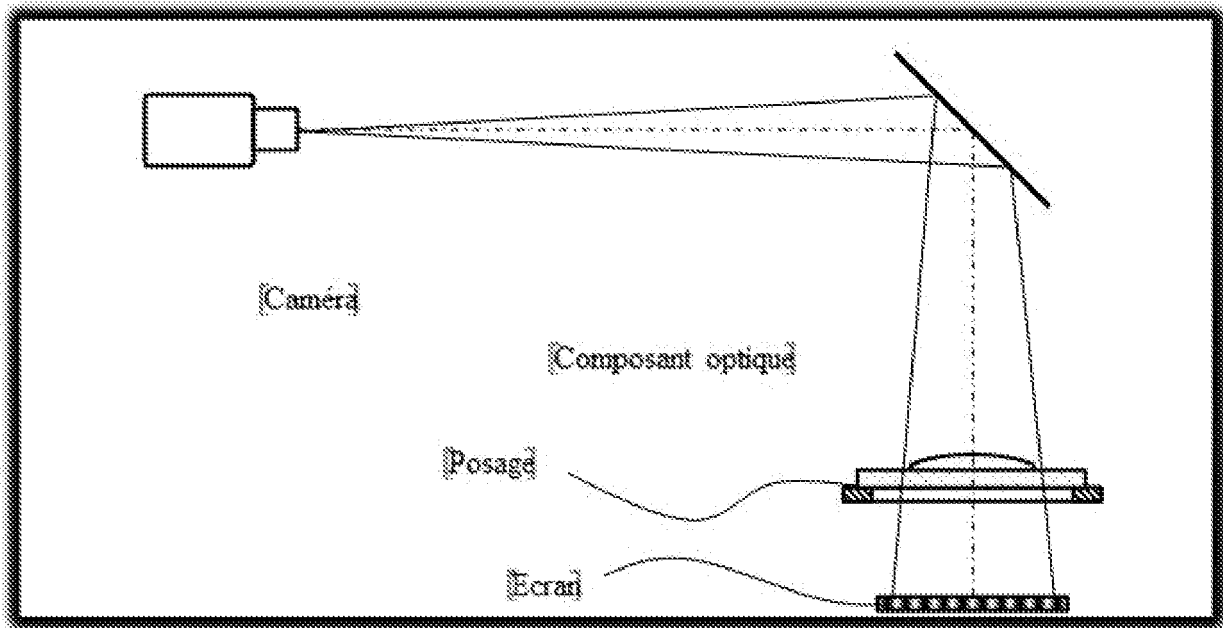
[Fig. 1]



[Fig. 2]



[Fig. 3]



[Fig. 4]

